平成18年仙審第17号

旅客船ニューとびしま機関損傷事件

言渡年月日　平成18年12月7日
審判庁　仙台地方海難審判庁（弓田邦雄，供田仁男，小寺俊秋）
理事官　寺戸和夫
受審人　A
　職名　ニューとびしま機関長
　海技免許　四級海技士（機関）（機関限定）
受審人　B
　職名　ニューとびしま一等機関士
　海技免許　五級海技士（機関）（旧就業範囲）（機関限定）
受審人　C
　職名　ニューとびしま次席一等機関士
　海技免許　四級海技士（機関）（機関限定）
受審人　D
　職名　ニューとびしま前機関長
　海技免許　三級海技士（機関）
損害　右舷主機1番シリンダの燃料噴射弁取付けボルトの折損及び曲損
原因　不測の締付け力の低下

主文

本件機関損傷は，主機燃料噴射弁取付けボルトにおいて，不測の締付け力の低下によりナットが緩み，同ボルトが疲労して亀裂が発生進展したことによって発生したものである。

理由

（海難の事実）

1　事件発生の年月日時刻及び場所

平成17年4月19日09時49分
山形県酒田港北西方沖合
（北緯38度57.4分　東経139度45.0分）

2　船舶の要目等

(1)　要目

船種船名	旅客船ニューとびしま
総トン数	223トン
全長	38.95メートル
機関の種類	ディーゼル機関
出力	2,794キロワット

(2)　設備及び性能等

ア　ニューとびしま

ニューとびしま（以下「とびしま」という。）は，平成元年4月に進水した2機2軸の双胴型鋼製旅客船で，上甲板上に船橋甲板があり，その前端の船首部に操舵室を，上甲

板下の船尾双胴部に分離した2個の機関室をそれぞれ有し，各機関室に右舷主機及び左舷主機を備え，操舵室及び機関室から主機の始動・停止・回転数制御・前後進操作が行えるようになっていた。

イ　とびしまの就航模様

とびしまは，山形県酒田港と同港の北西方約21海里に位置する飛島との間の定期航路に通年1隻体制で就航し，所要時間が片道1時間半で，5月から9月までの観光シーズンには，5月第1週，7月第3・4週，8月第1・2週及び週末・祝日に1日2往復するとともに，8月の盆時期に3往復しており，同シーズン以外には1日1往復していた。

ウ　主機

主機は，Ｅ社が平成元年3月に製造した，12ＰＡ4Ｖ－185ＶＧ型と呼称する，連続最大出力1,397キロワット同回転数毎分1,475（以下，回転数は毎分のものとする。）の過給機付4サイクル12シリンダ・Ｖ形ディーゼル機関で，両舷主機とも左列シリンダが船尾側より1ないし6番シリンダ，右列シリンダが同側より7ないし12番シリンダと呼ばれていた。

エ　シリンダヘッド

シリンダヘッドは，吸・排気弁各2個の4弁式で，中央部に燃料噴射弁が取り付けられ，吸・排気弁の動弁装置は入口主管から分流した潤滑油で潤滑されており，同ヘッド上部には2個の6角穴ボルトによってヘッドカバーが取り付けられていた。

オ　燃料噴射装置

燃料噴射装置は，燃料油が両列シリンダ間の中央部に位置する一体形燃料噴射ポンプに吸引され，250キログラム毎平方センチメートルの圧力に加圧されたうえ，燃料高圧管，インレットココネクタを経て燃料噴射弁に供給され，主燃焼室に面して噴口金具が取り付けられた予燃焼室内に噴射されるようになっていた。

なお，燃料噴射弁ノズルのスピンドルとスリーブ間からの漏洩油が機関室の床下に位置する容量約10リットルの燃料油ドレンタンクに集められるようになっており，同弁本体上下の外周には2個のＯリングが装着され，同油を密封するようになっていた。

カ　燃料噴射弁の取付け方法

燃料噴射弁の取付け方法は，シリンダヘッドの弁孔に挿入したうえ，同ヘッドに植え込まれた，呼び径10ミリメートル（以下「ミリ」という。）ねじピッチ1.5ミリの2本のニッケルクロムモリブデン鋼製取付けボルトに，小判形のフランジ押さえを差し込んで同弁上部に当て，2個の鋼製ナットを締め付け，弁孔下部内周とノズルのナット外周の金属接触により，予燃焼室の燃焼ガスが上方に漏洩するのを防止するようになっており，主機取扱説明書には，2キログラムメートルのトルクで仮り締め後，3キログラムメートルのトルクで均等にナットを締め付けるよう記載していた。

キ　主機のアフターサービス

Ｅ社は，とびしまの竣工に当たり，同船の前に同じ航路に就航していた旅客船（以下「前船」という。）の実績を参考にして，主機の運転時間を年間1,500時間，月間平均125時間と想定し，それに従って取扱説明書中の整備基準（以下「保守点検基準」という。）を定め，アフターサービスの一環として，とびしまの船舶所有者とメンテナンス契約を結んだ。

ところで，平成2年3月にＥ社が解散したため，Ｆ社にＥ社製機関のアフターサービス業務が移管されていたところ，同5年4月同会社の社名がＧ社に変更され，Ｈ事業所

が同業務に当たった。

G社は，メンテナンス契約に基づき，保守点検基準に沿った定期点検要領書及び運転取扱注意事項並びに継続検査計画書を作成してとびしまに配布したうえ，定期整備工事の際は適宜整備法案を作成し，技術指導員を現地に派遣して指導に当たらせ，定期検査の際は主機を陸揚げしてH事業所に搬入したうえ，整備していた。

同15年4月G社は，I社に社名が変更され，J事業所がアフターサービス業務に当たり，更に同18年10月K社に社名が変更された。

ク　主機各部のボルト・ナット点検

主機各部のボルト・ナット点検は，定期点検要領書には，毎日各部ボルト・ナットの緩みの有無点検と，運転取扱注意事項には，機関停止中に機関各部のボルト・ナットの緩みの有無点検とそれぞれ記載していたものの，それらのボルト・ナットは外部に見えるものが対象となっていた。

ケ　シリンダーヘッド上部の点検

シリンダーヘッド上部の点検は，750時間または6箇月ごとに燃料噴射弁の噴射状態及び吸・排気弁の弁頭すきま（以下「タペットすきま」という。）の点検，1,500時間または1年ごとに吸・排気弁点検，弁腕・同支持台点検，燃料噴射弁ノズル取替え及び予燃焼室噴口金具の緩み点検と定期点検要領書に記載していたものの，燃料噴射弁等の取付けボルト・ナットについては同要領書に記載がなく，同弁の同ボルト・ナットは同ヘッド上部の点検箇所に入っていなかった。

3　事実の経過

とびしまは，全速力時の主機の回転数を1,330ないし1,340として年間に1,500時間使用し，毎年9月または10月に入渠して継続検査に基づき各部を開放整備し，その中間には定期点検要領書に沿って，燃料噴射弁ノズル取替え，タペットすきま点検，各冷却器の防食亜鉛点検などを行っていた。

また，とびしまは，機関部の運航要員が4人で，週休2日制であるため，通年2ないし3人が乗船していることから，各人の担当機器を決めず，運転取扱注意事項に沿って主機を運転し，機関点検簿中の各項目を点検したうえ，往航・復航とも定常運転中に機関室に入って計測値を機関日誌に記入するとともに，機関運転日誌に機器の始動・停止時刻，船内の整備内容等を記入していた。

ところで，とびしまは，竣工以来主機の燃料油としてA重油を使用していたところ，平成5年6月ごろからシリンダヘッドの燃焼室側に腐食・亀裂が発生して，定期整備ごとに同ヘッドを取り替えるようになり，予燃焼室噴口金具の破損脱落や排気弁弁傘部の欠損脱落の事故も発生したことから，G社とも相談のうえ，同14年7月ごろ同油が軽油に切り替えられた。

同16年9月とびしまは，I社の技術指導員及びD受審人の立会いのもと，第一種中間検査工事（以下「整備工事」という。）を施工し，両舷主機とも5及び6番シリンダのピストンを抜き出して整備し，吸・排気弁のすり合わせを行い，過給機を開放整備し，燃料噴射弁取付けボルト・ナットは全て再用して，全シリンダの同弁ノズル及び予燃焼室の噴口金具を取り替え，タペットすきま点検・調整などを行い，同月下旬に就航した。

その後，とびしまは，同9年10月にシリンダヘッドが取り替えられた右舷主機1番シリンダの燃料噴射弁において，整備工事で復旧した際はトルクレンチにより規定のトルクでナットが締め付けられたものの，翌17年1月に入ってからか，船首側取付けボルトのナットが緩み始め，船尾側同ボルトに過大な繰返し曲げ応力が作用して疲労し，同ボルトのねじ端部に

亀裂が発生して進展するようになった。

Ｂ受審人は，同 17 年 3 月下旬で整備工事から 6 箇月が経過したものの，主機の運転状態に特に異常がなく，シーズンオフであることや荒天による欠航もあって運転時間が少ないことから，5 月連休明けに燃料噴射弁ノズル取替えとタペットすきま点検等を行うこととし，その旨Ａ受審人に引継ぎを行い，同工事以降，シリンダヘッドのヘッドカバーを開放しないまま，主機の運転を続けていた。

こうして，とびしまは，Ａ，Ｂ及びＣ各受審人ほか 2 人が乗り組み，旅客 21 人を乗せ，船首尾とも 1.65 メートルの喫水をもって，同年 4 月 19 日 09 時 30 分酒田港の酒田市船場町水産岸壁を発し，最上川右岸外側の水路を主機の回転を下げて進行し，南防波堤を左舷側に通過したのち，回転数 1,340 として 16.5 ノットの全速力で飛島の飛島漁港勝浦に向けて続航中，09 時 49 分酒田港南防波堤灯台から真方位 303 度 2.8 海里の地点において，前示の船尾側取付けボルトが折損し，次いで船首側同ボルトが曲損したことから，燃料噴射弁が浮き上がり，同弁ノズルナットと弁孔の金属接触部から燃焼ガスが吹き抜けてＯリングが焼損し，同ガスが漏洩油管を通って燃料油ドレンタンクに浸入し，上甲板に立ち上がっている空気管の開口から白煙が出た。

当時，天候は晴で風力 2 の西北西風が吹き，海上は穏やかであった。

Ａ及びＢ両受審人は，操舵室後方の部屋にいるとき，同室の船内監視テレビを見ていたＣ受審人から，燃料油ドレンタンクの空気管から白煙が出た旨を聞き，両舷主機を回転数 600 の中立運転としたうえ，機関室に赴いて点検したところ，右舷主機 1 番シリンダの燃料噴射弁の漏洩油管の発熱を認め，同主機を停止して同シリンダのヘッドカバーを開放し，同弁取付けボルトの異常を認めた。

この結果，とびしまは，修理工具及び取替え部品がないため，右舷主機の運転を中止し，左舷主機のみで低速で飛島に向かい，復航には引船の伴走を得るとともに，両港の接岸・離岸作業には引船の援助を受け，のち右舷主機 1 番シリンダの燃料噴射弁取付けボルト・ナットが取り替えられた。

なお，とびしまは，5 月の連休明けに燃料噴射弁ノズル取替え及びタペットすきま点検を行うとともに，独自に大事をとって，右舷主機 1 番シリンダ以外の燃料噴射弁取付けボルト・ナットを取り替えたが，同ボルト・ナットに特に異常は認められなかった。

また，本件に鑑み，Ｉ社とも検討のうえ，タペットすきま点検の間隔を 3 箇月に短縮した。

（本件発生に至る事由）

1　毎日緩みの有無を点検する機関各部のボルト・ナットは，外部に見えるものが対象となっていたこと

2　燃料噴射弁取付けボルト・ナットは，シリンダヘッド上部の点検箇所に入っていなかったこと

3　右舷主機 1 番シリンダの船首側の燃料噴射弁取付けボルトのナットが緩んだこと

4　整備工事以降，シリンダヘッドのヘッドカバーを開放しなかったこと

（原因の考察）

本件は，右舷主機 1 番シリンダの船首側の燃料噴射弁取付けボルトのナットが緩まなければ，船尾側の同ボルトに過大な繰り返し曲げ応力が作用して疲労し，ねじ端部に亀裂が発生進展することがなかったものである。

まず，燃料噴射弁取付けボルトのナットがなぜ緩んだかを検討する。

同弁取付けボルト・ナットは，7 箇月前の整備工事において再用され，ナットがトルクレンチにより規定トルクで締め付けられ，右舷主機 1 番シリンダ以外の 23 シリンダの同ボルトのナットに緩みがなかったことは，事実認定の根拠で述べたとおりである。

トルク締付け法は，規定のトルクを与えても，接触面の摩擦係数のばらつきに起因し，締付け力に 20 ないし 30 パーセントのばらつきが生じることは避けられないといわれている。

また，燃料噴射弁は，年に 2 回整備されており，他の構成部材に比べて取外し・取付け回数が多く，経年のうちにボルトのねじ部に傷・変形などが，ナット座面及びフランジ押さえ面等に傷などがそれぞれ生じることも考えられる。

したがって，規定トルクでナットを締め付けたものの，その後の運転中，当該燃料噴射弁取付けボルトにおいて，締付け力のばらつきに各接触部のなじみ等が加わって締付け力が低下し，ナットが緩んだものと推定される。

次に，いつごろからナットが緩み始めたかを検討する。

調査報告書写中，ボルト長さ方向に直角な断面は，貝殻模様の疲れ破面が断面積の約70 パーセントを占め，ねじ端部谷底を基点として亀裂が発生した旨記載しており，高サイクル疲労によって破断したものである。

ところで，一般に鉄鋼の場合，繰り返し数 10 の 7 乗における応力を，無限に繰り返しても破壊しない応力の最大値である疲れ限度としている。

とびしまの場合，主機の常用回転数が毎分1,340 なので，10 の 7 乗に達する運転時間は約250 時間となり，シーズンオフの 1 日の運転時間は 3 時間で冬期間の欠航も考えれば，およそ 3 箇月半が必要と思われる。

したがって，平成17 年1 月に入ってナットが緩み始めれば，疲れ限度レベルの応力の繰り返しでボルトが破断するに至ると考えられる。

本件の原因について検討する。

毎日緩みの有無を点検する機関各部のボルト・ナットは，外部に見えるものが対象となっていたこと及び燃料噴射弁取付けボルト・ナットは，シリンダヘッド上部の点検箇所に入っていなかったことは，運転実績に基づいて定められた整備基準であり，いずれも本件発生の原因とならない。

整備工事以降 6 箇月が経過したのち，同 17 年 4 月上旬に燃料噴射弁の噴射状態の点検を行っていれば，同弁を取り外すときにナットの緩みに気付き，ひいては取付けボルトの異常に気付いたと思われるが，主機の運転状況に特に異常がなく，シーズンオフ等で主機の運転時間が少ないことから，5 月連休明けに同点検を行うこととしていたものであって何ら問題はなく，また，ナットの緩みについては予期できなかったというべきで，定期的にシリンダヘッドのヘッドカバーを開放し，目視では緩みの判断が難しいナットにスパナを当てるなどして，緩みの有無の点検を行うことは期待できない。

したがって，整備工事以降，シリンダヘッドのヘッドカバーを開放しなかったことは，本件発生の原因とならない。

（海難の原因）

本件機関損傷は，右舷主機 1 番シリンダの燃料噴射弁取付けボルトにおいて，不測の締付け力の低下により一方のナットが緩み，他方の同ボルトに曲げ応力が繰り返し作用して疲労し，亀裂が発生進展したことによって発生したものである。

（受審人の所為）
Ａ受審人の所為は，本件発生の原因とならない。
Ｂ受審人の所為は，本件発生の原因とならない。
Ｃ受審人の所為は，本件発生の原因とならない。
Ｄ受審人の所為は，本件発生の原因とならない。

よって主文のとおり裁決する。